

בראונית

22 בדצמבר 2020

1 51% תאור הרקע ומטרת הניסוי

הניסוי בוחן תנועה רב חלקיקית, תחת הנחת הארגודיות - לפיה הכוח מתפלג באופן אחיד על כלל המערכת. ולכן מיצוע שלו יניב $\langle xF(t) \rangle = 0$. פיתוח מהכיוון הנ"ל יביא למשוואת התנועה הבאה:

$$\langle x^2 \rangle = \frac{m}{\alpha} e^{-\frac{\alpha}{m}t} x_0^2 + \frac{2k_B T}{\alpha} t$$

נזכיר כי ל α היה יחידות של $\left[\frac{m}{t}\right]$ (קבוע משוואת סטוקס), אנו מצפים כי למדידה לאחר זמן סביר תזניח את האיבר המעריכי ונקבל את:

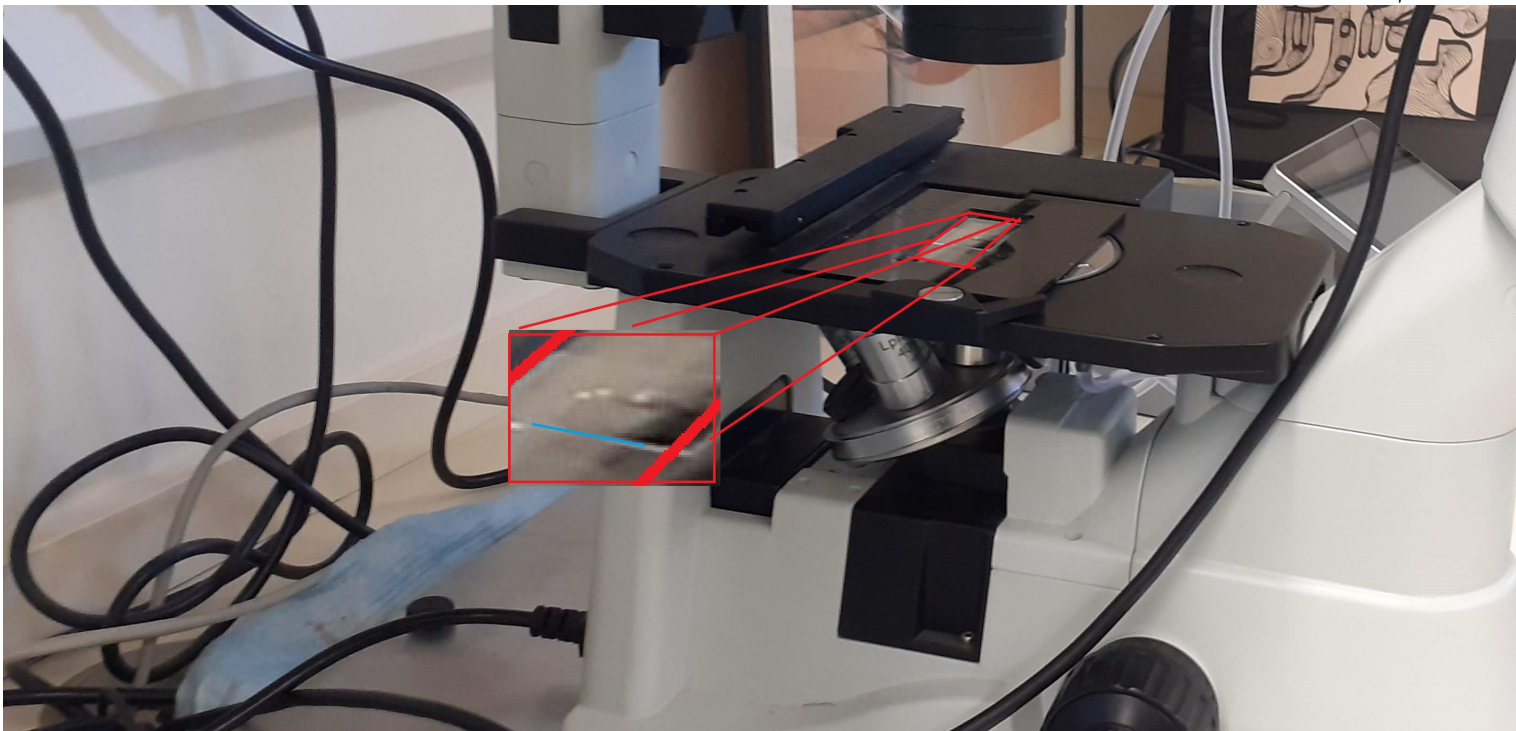
$$\frac{2k_B T}{6\pi\mu a} t = \frac{2k_B T}{\alpha} t = \langle r^2 \rangle$$

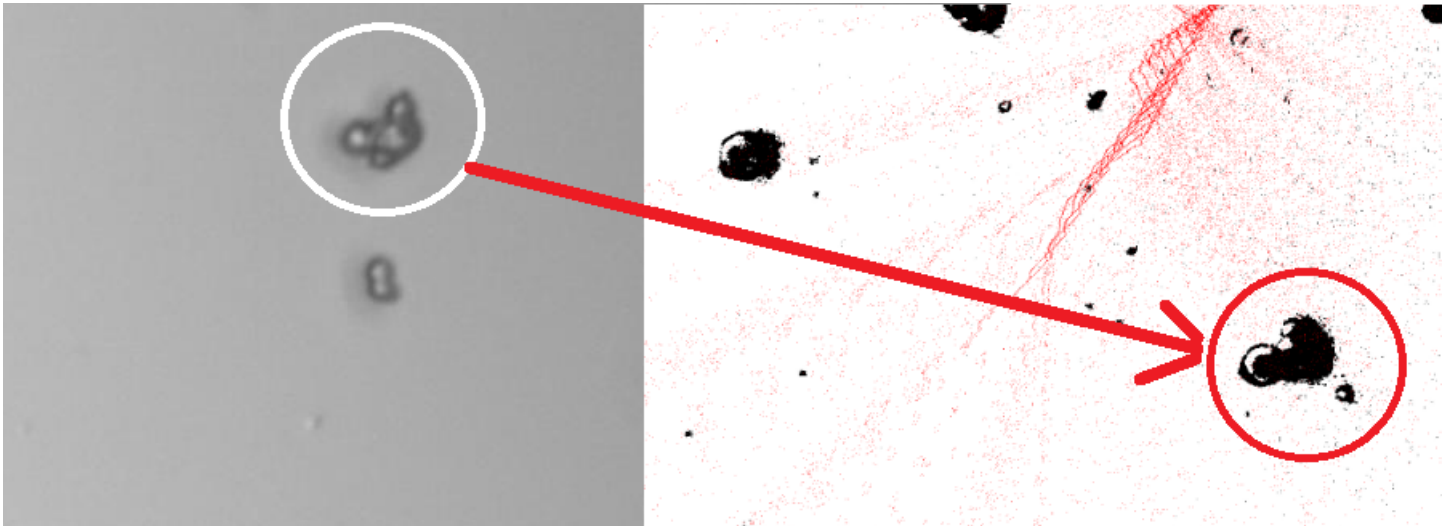
. מה שמתאים לפיתוח דרך משוואת הדיפוזיה - $D\nabla^2\psi = \frac{\partial}{\partial t}\psi$, כאשר ψ היא צפיפות החומר, הפתרון הוא: $\psi(x) = \frac{e^{-\frac{x^2}{4Dt}}}{\sqrt{4\pi Dt}}$ כלומר התפלגות גאוסית נורמלית. ולכן $\mathbb{E}[x^2] = \sqrt{2Dt}$ (לבדוק שאכן פקטור $\sqrt{2}$). מטרתנו בניסוי היא תחילה לאשש תאוריה זאת, כלומר לבדוק האם ההנחת הארגודיות היא סבירה בתנאים של טמפ' החדר וריכוזים שונים של תווחים אותם אנו מערכים כ"סטנדרטים". לבסוף נשערך את רדיוס החלקיק (פוליטן) עבור חלקיקים מסויימים אחריהם עקבנו, ואת קבוע הצמיגות (של כל תמיסה).

2 53% תאור מהלך הניסוי איך הניסוי בוצע - שיטת העבודה בעיות מיוחדות – איך התגברתם

2.0.1 תיאור טכני של מהלך הניסוי.

כדי לבחון את התנועה הראונית חילקנו את הניסוי לפי ריכוזים שונים. כל ריכוז הכיל כ 10% חלקיקים, וכ 90% נוזל, כאשר בכל שלב הנוזל היה אחד מ [10%, 20%, 35%, 50%, ...] (להוסיף לשנות). להוסיף טבלה של נפחים וריכוזים. + שיגאת מדידה וכדומה. כל תרכיז שוכן בין שתי פלטות זכוכית, במטרה לצמצם את דרגת החופש של התנועה בציר ה \hat{z} . נפח כל ריכוז היה כ 40 [mL]. דגמנו סרטונים בהמצאות במקרוסקופ מסוג X, ולו רזולוציה Y. להלן תרשים של הניסוי:





2.1 משברים

2.1.1 עניין הסחף, לדעתי אפשר לשים פה גם עניין של רזוננס. פתירת משוואת הדיפוסיה תחת תנאי התפסות על השפה, צריכים לתת תיקון כי לא יתכן שזה ישאף להיות כמו e^{-t} אלא צריך להתייבב על משהו (לחומר אין לאן לברוח). הפתרון הוא כמובן חקר המערכת רק בסדר ראשון (חלוקה לבאנצ'יפ).

2.1.2 עניין הרעש, בדגימה. (שימוש בפילטרים וכל העניין).

2.1.3 עניין השידוכים לדבר תחילה על שימוש ב DFS ו דגימה פר פריים, ואז על המעבר אל BFS ושימוש במרכזי המסה שמצאנו כנקודות מוצא לחיפוש.

2.1.4 התייחסות לכך שהמסות ונהפחים אינם בהכרח כדורים, ולכן אנו מצפים לקבל עבור המסה והרדיוס המוצעים.

3 05% פרוש התוצאות הצגת התוצאות + חישוב שגיאות מקור השגיאות – איך הערכתם אותן – מה מקורן – איך התגברתם השוואת התוצאות לתאוריה

| | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| precents | 0.000 | 0.100 | 0.200 | 0.350 | 0.500 | 0.600 | 0.700 | 0.800 | 0.900 | 0.950 | 0.980 |
| viscosities | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.003 | 0.005 | 0.009 | 0.023 | 0.097 | 0.286 | 0.666 |

הכרות המערכת ומדידה ראשונית: השתמשו במיקרוסקופ לקבלת תמונה איכותית של חלקיק הנמצא בתנועה בראונית בתמיסה. בצעו כיוול של הגודל הנראה של החלקיק באמצעות שקף כיוול.

כיצד תנתחו את ממוצע ריבוע ההעתק? כמה חלקיקים שונים נדרשים לקבלת תוצאה איכותית? התייחסו להנחה הארגודית. האם החלקיקים חופשיים לנוע בציר (Z) בניצב ללוחית המיקרוסקופ? כיצד זה ישפיע על המדידה?

כיצד תוודאו שהמערכת איזוטרופית, כלומר שאין סחיפה לכיוון מסוים? מה ניתן לעשות בנייתוח הנתונים כדי להתמודד עם סחף? איך תראה התלות של $r < 2$ בזמן במקרה של סחיפה? קבלו את התלות של $r < 2$ בזמן עבור מספר חלקיקים בגדלים שונים. בדקו את התלות בגודל ביחס לצפי תיאורטית.

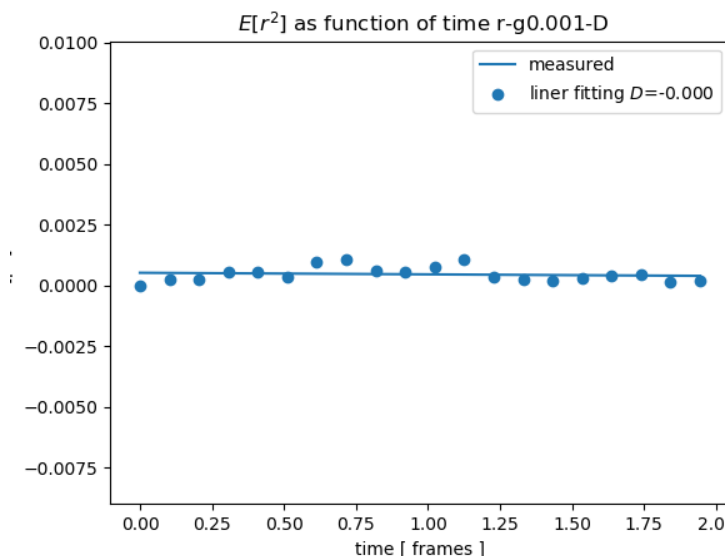
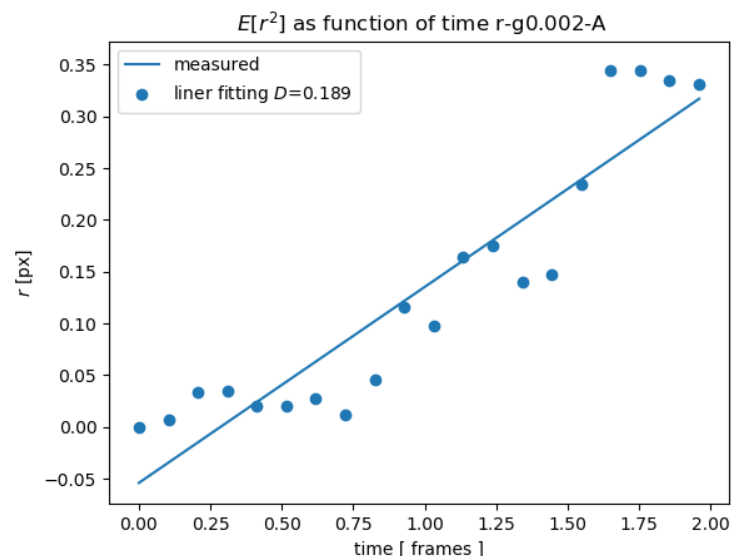
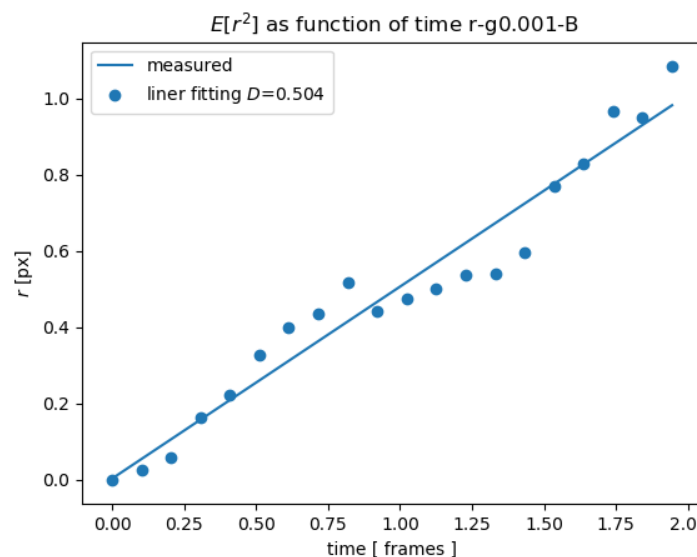
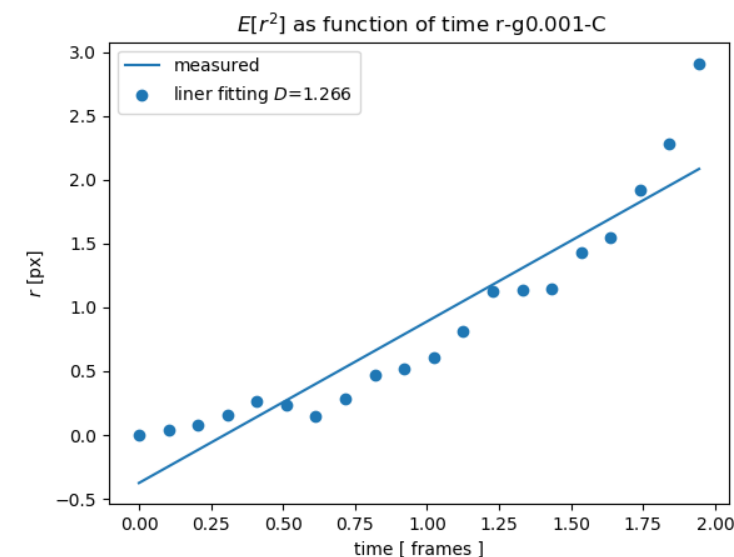
2. תלות בצמיגות: הוסיפו תמיסת חלקיקים מרוכזת לתערובת של מים וגליצרול בריכוזים שונים.

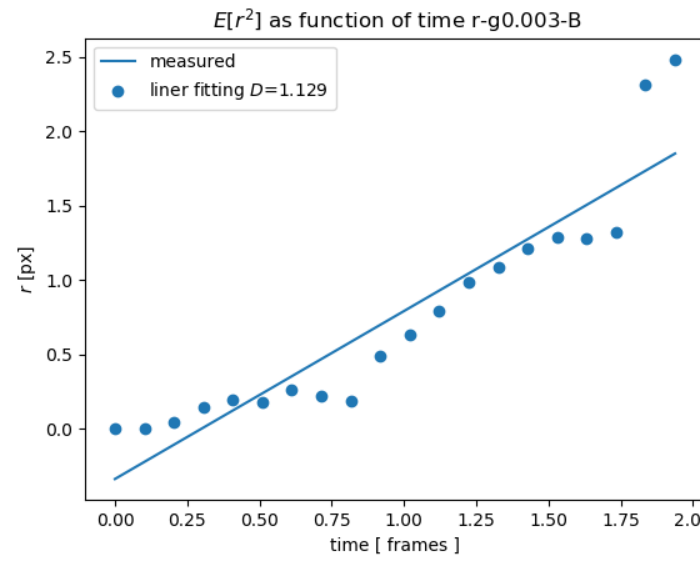
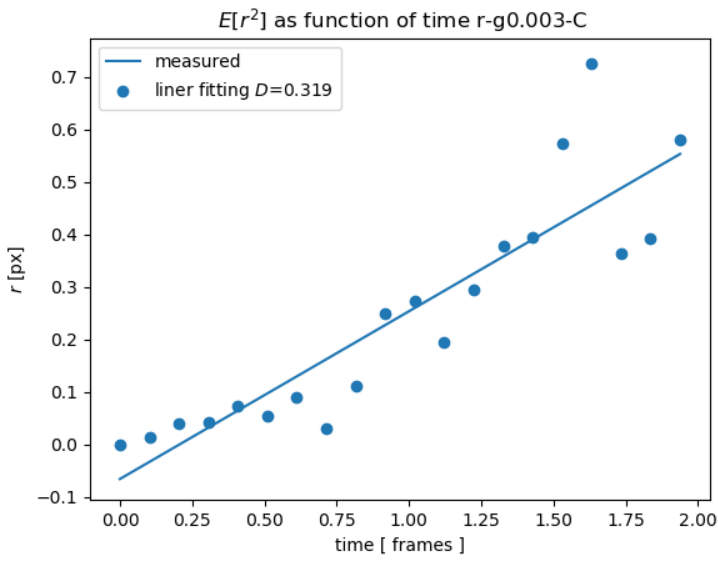
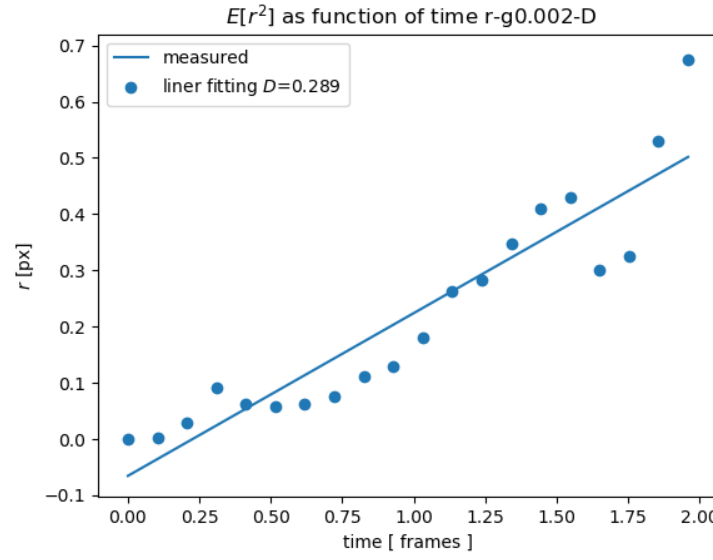
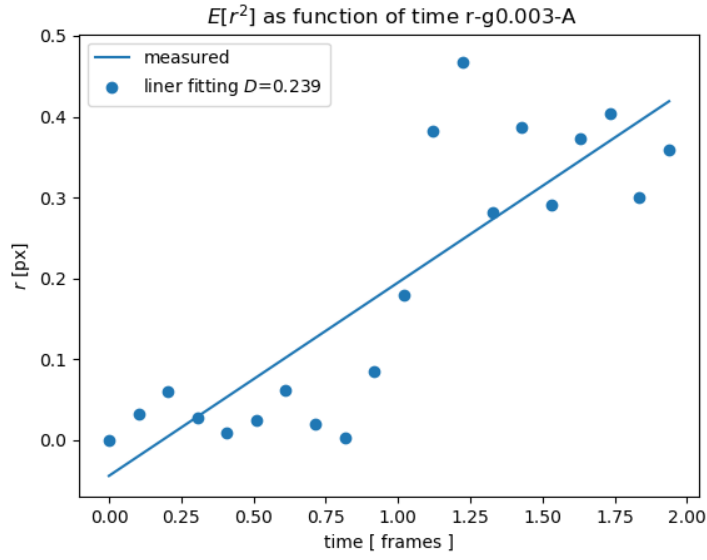
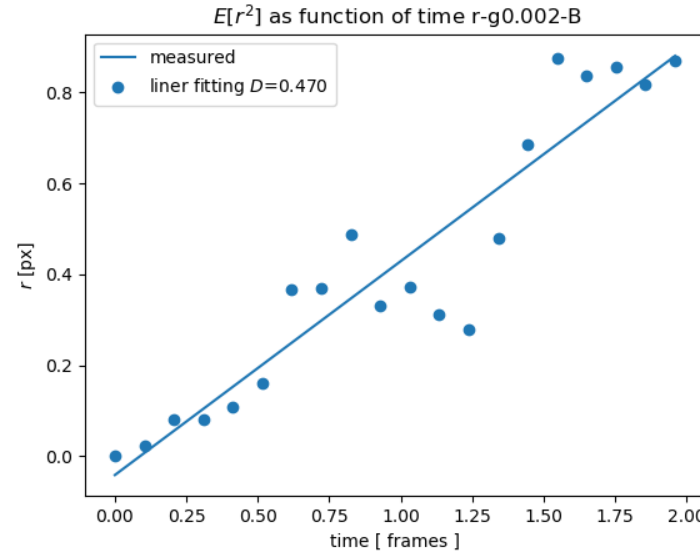
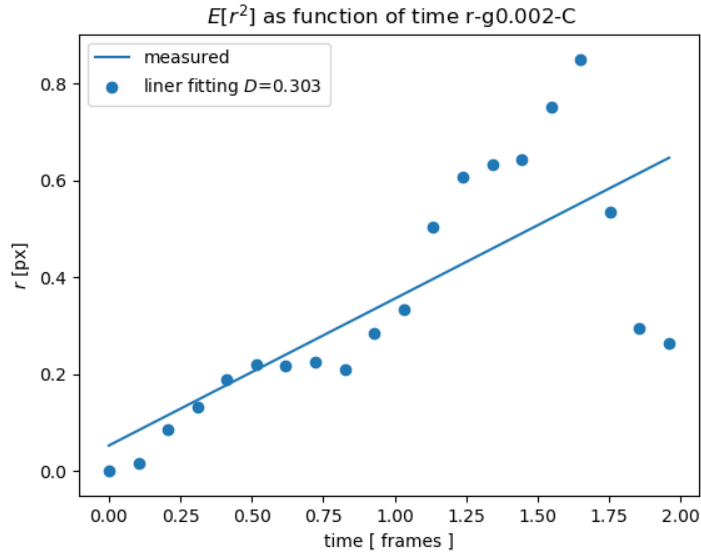
קחו בחשבון את המים שבתמיסת החלקיקים וחשבו מחדש את הריכוז בתמיסה 2 הסופית. השתמשו בטבלאות לחישוב הצמיגות וקבלו תלות של $r < 2$ ושל מקדם הדיפוזיה בצמיגות.

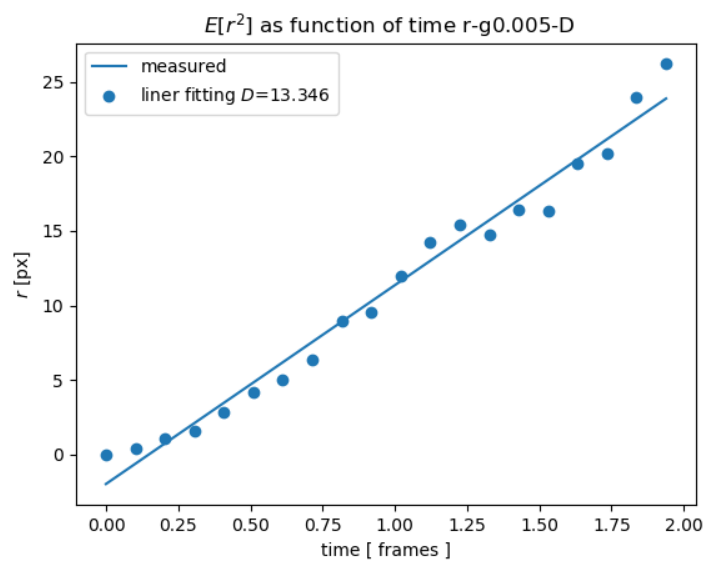
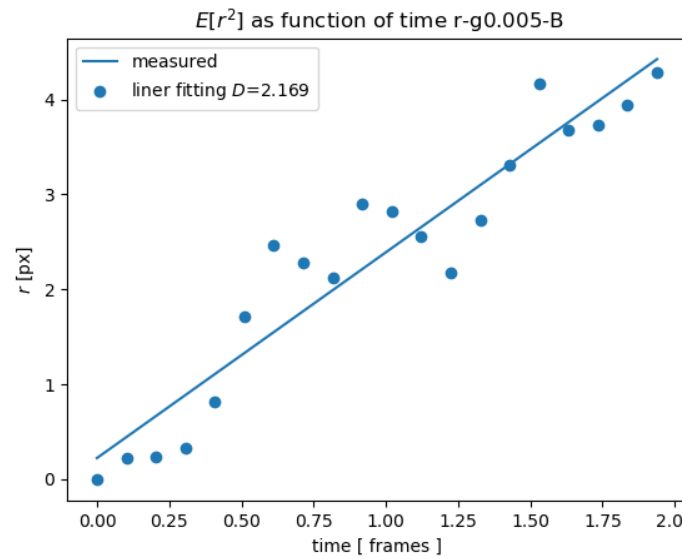
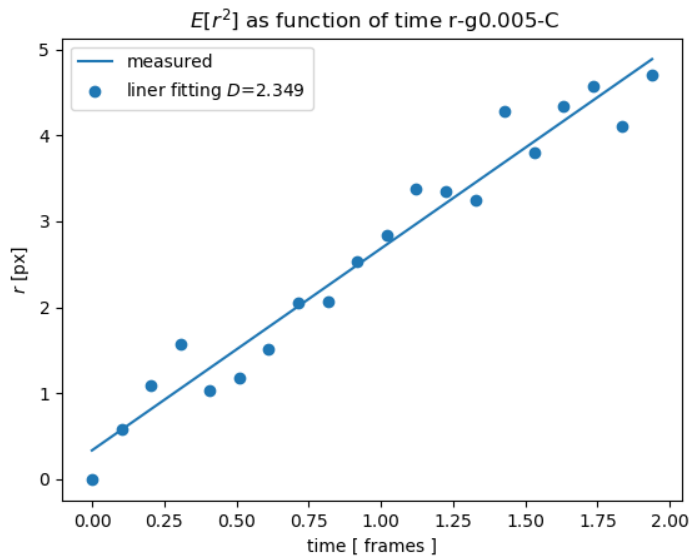
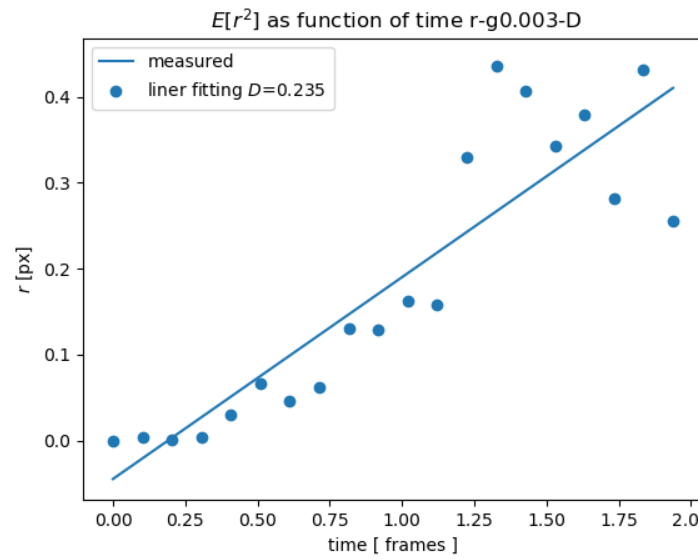
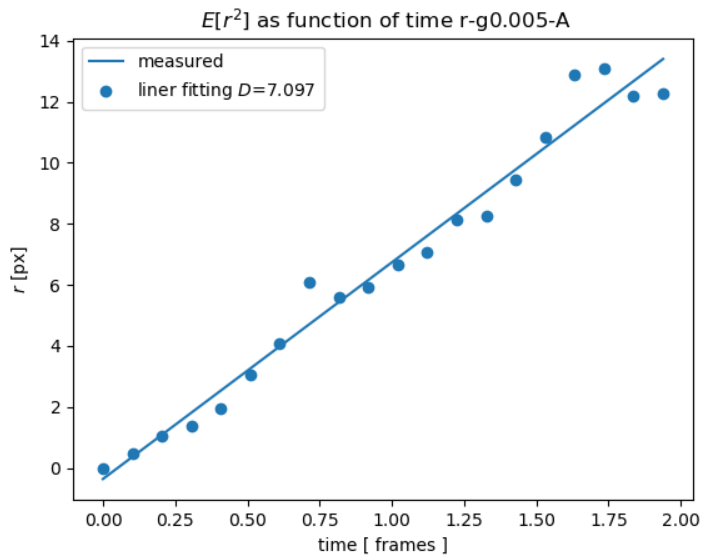
כיצד ניתן להשתמש במדידה זו לחישוב קבוע בולצמן?

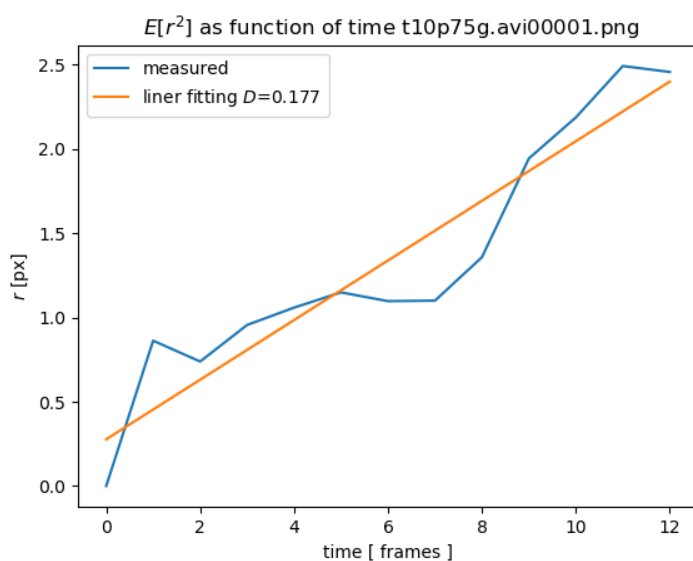
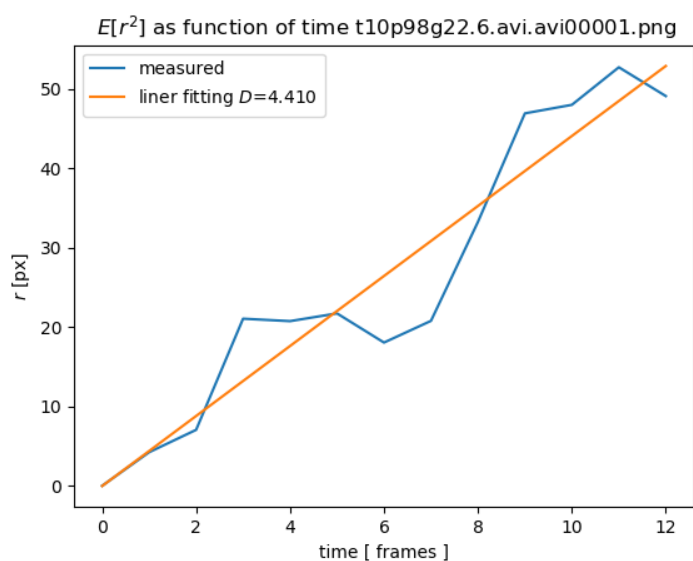
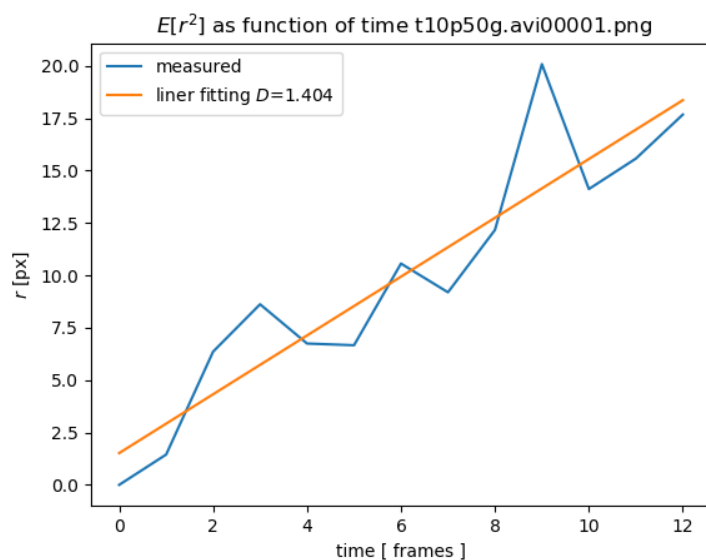
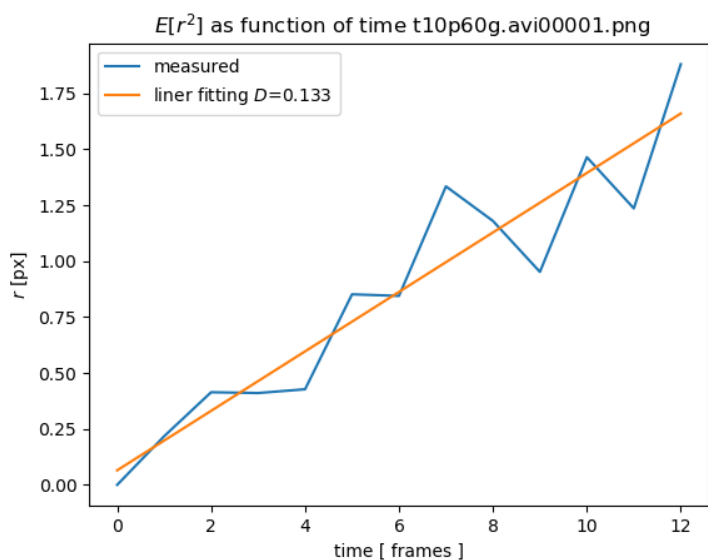
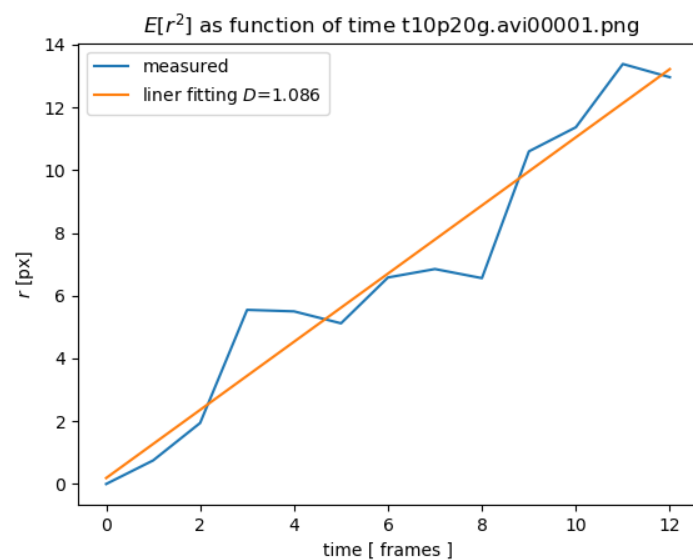
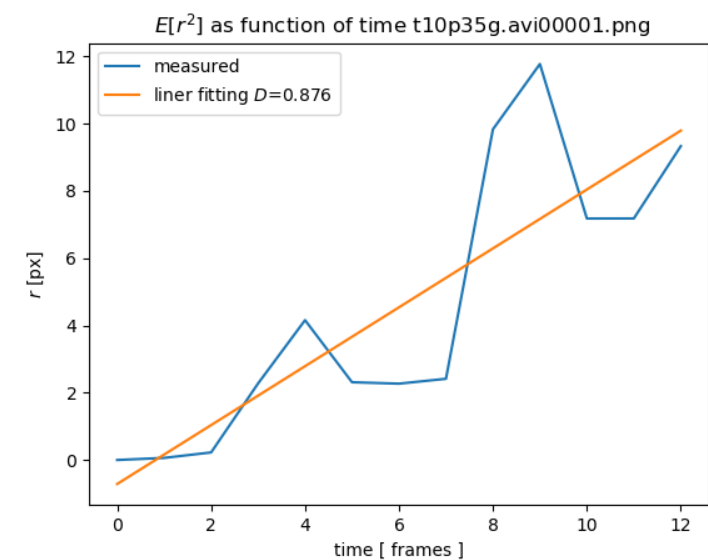
3. תלות בטמפרטורה: שנו את הטמפרטורה וחזרו על המדידות בערכי טמפרטורה שונים. קחו בחשבון את שינוי הצמיגות כתוצאה משינוי הטמפרטורה (ניתן למצוא מחשבוניס וטבלאות לחישוב הבדל זה, שהוא משמעותי).

4. דיפוזיה של חזית (אופציונאלי): השתמשו בנוזלים שונים מסיסים במים (חלב, צבע מאכל, דיו) וצפו בחזית התקדמות הנוזל לתוך המים. האם יש לכם אומדן לגודל החלקיקים? האם כל דיפוזיה היא תנועה בראונית?









4 שיחת סיכום - 10 נקודות על אי-קיומה